

**ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI
TRANSFORMATOR 20kV/150kV di PLTU CILACAP Unit 1&2 2x300
MW PT. SUMBER SEGARA PRIMADAYA CILACAP**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh :

EMIR SABILILLAH AL CHOIRI

D400140119

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR 20kV/150kV di PLTU CILACAP Unit 1&2 2x300 MW PT. SUMBER SEGARA PRIMADAYA CILACAP

PUBLIKASI ILMIAH

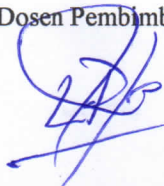
oleh:

EMIR SABILILLAH AL CHOIRI

D 400 140 119

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, S.T., MT.

NIK.731

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR 20kV/150kV di PLTU CILACAP Unit 1&2 2x300 MW PT. SUMBER SEGARA PRIMADAYA CILACAP

OLEH

EMIR SABILILLAH AL CHOIRI

D 400 140 119

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 24 Januari 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T, M.T.

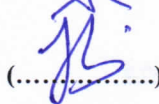
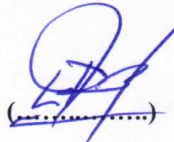
(Ketua Dewan Penguji)

2. Agus Supardi, S.T, M.T.

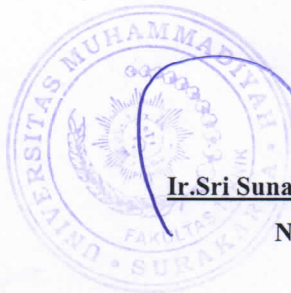
(Anggota I Dewan Penguji)

3. Hasyim Asy'ari, S.T, M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



Ir.Sri Sunarjono, M.T, Ph: D

NIK. 628

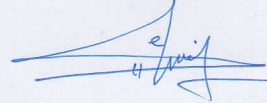
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23 Desember 2017

Penulis



EMIR SABILILLAH AL CHOIRI

D 400 140 199

ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR 20kV/150kV di PLTU CILACAP Unit 1&2 2x300 MW PT. SUMBER SEGARA PRIMADAYA CILACAP

Abstrak

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi memindahkan daya/tenaga listrik untuk mengubah tegangan arus bolak balik dari tegangan yang rendah ke tegangan yang tinggi ataupun sebaliknya. Transformator daya memiliki peranan penting dalam kelangsungan dan produksi energi listrik di PT. Sumber Segara Primadaya. Pola Pembebanan yang dilayani oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap di cilacap ini bersifat fluktuatif, karena sebagian besar konsumsi energi listrik diperuntukan oleh pelanggan sektor rumah tangga. Beban yang bersifat fluktuatif ini menimbulkan rugi rugi pada transformator. Jika terjadi rugi rugi pada inti besi dapat menyebabkan timbulnya panas dan getaran yang berlebih pada transformator sehingga menyebabkan nilai efisiensi transformator menjadi berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh beban yang bersifat fluktuatif terhadap nilai efisiensi dari transformator yang ada di PT. Sumber Segara Primadaya . Metode yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh beban yang fluktuatif dengan melakukan analisis perbandingan daya masuk terhadap daya keluar dan seberapa besar rugi rugi yang didapatkan. Hasil analisis memperoleh data bahwa nilai efisiensi yang paling kecil terjadi pada beban 215.154MW dengan nilai efisiensi 92.17% dan nilai efisiensi terbesar terjadi pada beban 293.514MW dengan nilai efisiensi 99.88%. Hasil analisis dapat di simpulkan bahwa nilai efisiensi selalu berubah ubah karena terjadi pengurangan nilai efisiensi pada saat beban itu bersifat fluktuatif.

Kata Kunci: Transformator, Efisiensi, Beban, *Step-Up*.

Abstrack

Transformer is an electrical equipment that serves to move power / electric power to change the voltage of alternating current from low voltage to high voltage or vice versa. Power transformers have an important role in the continuity and production of electrical energy in PT. Sumber Segara Primadaya. The loading pattern that is served by Steam Power Plant in Cilacap is fluctuative, because most of the consumption of electrical energy in allotment by customer of household sector. This fluctuating load causes loss of transformer. In the event of loss loss in iron core can cause heat and excessive vibration in the transformer, causing the value of transformer efficiency to be reduced. This study aims to determine how big the influence of fluctuating loads on the efficiency of the transformer in PT. Sumber Segara Primadaya. The method used to find out how big the influence of the fluctuating load by performing a comparison analysis of incoming power to the outgoing power and how much loss of losses obtained. The analysis result obtained data that the smallest efficiency value occurred at 215.154 MW load with efficiency value 92.17% and the biggest efficiency value occurred at load 293.514 MW with efficiency value 99.88%. The results of the analysis can be concluded that the value of efficiency is always changing change because there is a reduction in efficiency when the load is fluctuating.

Keywords: Transformer, Efficiency, Load, *Step-Up*.

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu energi yang sangat penting bagi manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Tingkat penggunaan listrik suatu Negara dapat menggambarkan secara langsung laju dan tingkat perkembangan suatu Negara dalam sektor industri dan masyarakat. Kebutuhan listrik yang semakin meningkat akan mendorong perkembangan perusahaan pembangkit daya untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut dengan memanfaatkan berbagai sumber energi baik energi konvensional maupun energi alternatif.

Indonesia sebagai salah satu Negara berkembang, Pertumbuhan penduduk dan industri yang begitu pesat menyebabkan peningkatan beban listrik dan PLN harus menyuplai listrik secara kontinyu (Alvian, 2012). Energi listrik adalah salah satu faktor dominan dalam meningkatkan pertumbuhan sektor industri dan masyarakat di Indonesia. Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia, pemerintah telah berkomitmen untuk merealisasikan penyediaan listrik sebesar 35.000 MW dalam jangka waktu 5 tahun (2014-2019). Sepanjang 5 tahun ke depan, pemerintah bersama PLN dan swasta akan membangun 109 pembangkit; masing-masing terdiri 35 proyek oleh PLN dengan total kapasitas 10.681 MW dan 74 proyek oleh swasta/*Independent Power Producer* (IPP) dengan total kapasitas 25.904 MW (Listri.org, 2017). Dari perencanaan tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia secara merata sampai ke pelosok nusantara, energi listrik tersebut juga perlu adanya sumber daya manusia dan sumber daya alam yang memadai.

Energi listrik diperoleh dari macam – macam pembangkit listrik di Indonesia, contohnya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap (PLTGU), dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Indonesia banyak dibangun karena menghasilkan daya listrik yang relatif besar serta memanfaatkan bahan bakar batubara yang melimpah guna memenuhi kebutuhan listrik industri dan masyarakat dengan biaya produksi yang relatif murah. Dalam usaha penyediaan energi listrik yang handal dan efisien maka PLTU Cilacap mengoperasikan mesin pembangkit listrik yang menggunakan mesin dengan tenaga uap dengan bahan bakar utamanya batubara yang terdiri dari tiga unit, semuanya berjumlah 2 x 300 Megawatt, 1 x 600 Megawatt dan 1x 1000 Megawatt unit ekspansi yang memenuhi kebutuhan listrik distribusi di Jawa Tengah dan Jawa Bali. Proses pembangkitan energi listrik di PLTU terdapat beberapa sistem utama yang menopang proses konversi energi tersebut, diantaranya

Boiler, *Fan System*, Turbin Uap, Kondensor, Pompa Boiler, Generator, Transformator, serta unit *substation* yang kemudian disalurkan ke konsumen.

Transformator merupakan suatu alat magnetoelektrik yang sederhana, andal, dan efisien untuk mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain (Kadir, 2010). Transformator daya memiliki peranan penting dalam kelangsungan dan produksi energi listrik di PT. Sumber Segara Primadaya. Pola Pembebanan yang dilayani oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Cilacap ini bersifat fluktuatif, karena sebagian besar konsumsi energi listrik diperuntukan oleh pelanggan sektor rumah tangga. Beban yang bersifat fluktuatif ini menimbulkan rugi-rugi pada transformator. Ketika suatu transformator diberi energi akan timbul rugi-rugi inti, rugi-rugi kumparan dan rugi-rugi bocor merupakan sumber panas dan menyebabkan kenaikan suhu kumparan dan minyak transformator (Srinivasan & Krishnan, 2012). Kinerja transformator daya ditentukan melalui parameter rugi-rugi daya (*losses*) yang terjadi pada transformator (I Wayan, 2012). Jika terjadi rugi-rugi pada inti bisa menyebabkan timbulnya panas dan getaran yang berlebih pada transformator sehingga menyebabkan nilai efisiensi transformator menjadi berkurang.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir yaitu seberapa besar faktor beban yang fluktuatif terhadap efisiensi transformator di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya ?

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diperlukan agar masalah sesuai dengan tujuan penulisan serta terfokus pada judul dan masalah di atas, maka penulis membatasi hal yang akan dibahas yaitu Pembahasan mengenai pengaruh pembebanan terhadap efisiensi transformator 20kV/150kV di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pembebanan terhadap efisiensi transformator 20kV/150kV di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah

- 1) Menambah pengetahuan di bidang teknik elektro tentang pengaruh pembebanan terhadap efisiensi transformator yang digunakan di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya.

2) Penulis dapat mengetahui tentang pengaruh pembebanan terhadap efisiensi transformator yang digunakan di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya.

2. METODE

2.1 Rincian Penelitian

Pembebanan terhadap efisiensi transformator di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya bersifat fluktuatif dan mengalami perubahan yang tidak menentu terhadap efisiensi transformator. Hal tersebut terjadi karena adanya rugi – rugi yang terjadi pada transformator itu sendiri yang tidak mungkin hilang, karena rugi – rugi tersebut selalu ada saat transformator diberi beban. Oleh sebab itu penulis ingin menganalisis pengaruh pembebanan terhadap nilai efisiensi transformator di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadaya. Penelitian pada tugas akhir ini menggunakan beberapa metode antara lain sebagai berikut :

1) Studi Literatur

Tahapan awal yang dilakukan adalah studi literatur. Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk menunjang pemahaman teori mengenai Transformator dan penyelesaian masalah dalam penulisan tugas akhir. Pemahaman teori yang dipilih oleh penulis diperoleh dari buku *handbook Electric Machinery Fundamentals 5th Ed Chapman*, jurnal ilmiah dan informasi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Sumber informasi diperoleh berdasarkan buku, artikel, skripsi, yang telah penulis pilih sebagai referensi dalam melakukan penelitian.

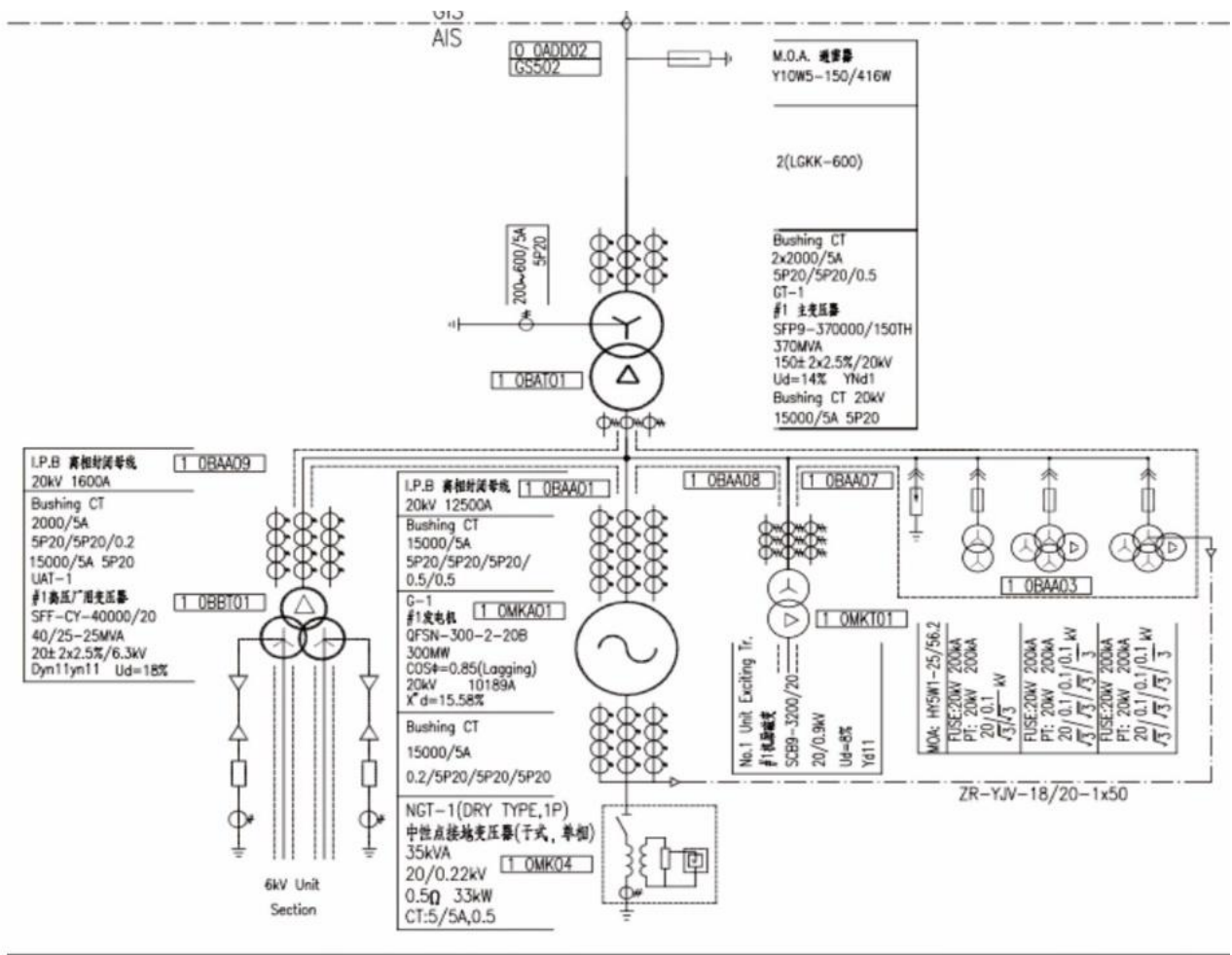
2) Pengambilan Data

Pengambilan data yang diperlukan penulis juga didapat dari Unit 1&2 PT. Sumber Segara Primadaya sebagai bahan untuk analisa penulisan tugas akhir yaitu berupa data Single line diagram dan data pembebanan yang dilayani oleh transformator 20kV/150kV.

3) Pengolahan Data

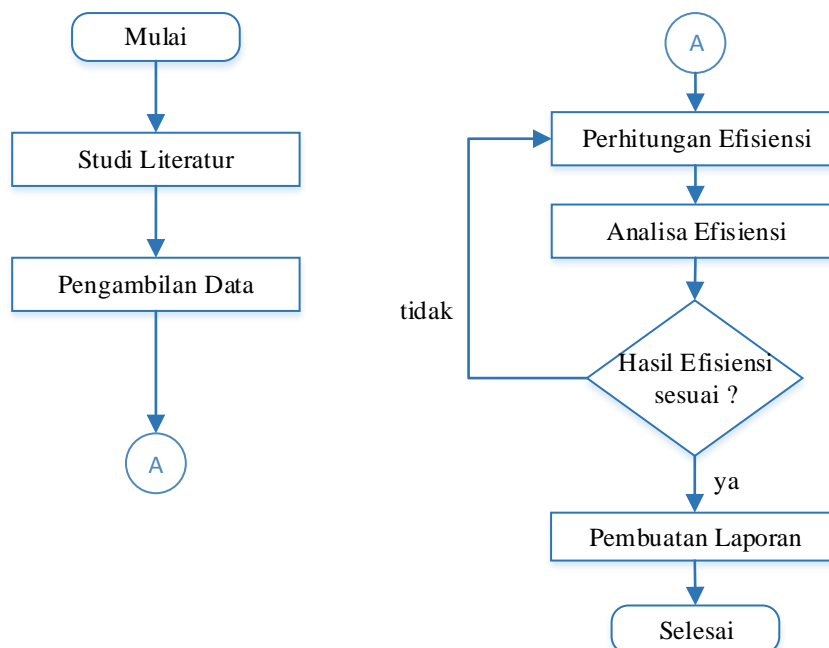
Tahap selanjutnya yaitu pengolahan data yang berupa menganalisis data yang telah diperoleh pada saat pengambilan data serta menghitung data yang diperlukan untuk bahan perbandingan antara data yang diambil lapangan dengan perhitungan rumus.

2.2 Gambaran Sistem Koneksi Tenaga Listrik



Gambar 1. Diagram garis tunggal sambungan listrik utama

2.3 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Operasi dan Name Plate Transformator

Pengambilan data operasi bertujuan untuk mendapatkan data yang yang dibutuhkan pada proses perhitungan. Data operasi diperoleh melalui koordinasi dengan bagian Perencanaan dan Pengendalian Operasi (*Rendal Op*) yang bertugas dalam mengolah data operasi selama sistem bekerja. Data operasi Transformator yang digunakan dalam perhitungan merupakan data operasi Transformator pada Unit 1 & 2 selama 1 hari per 1 jam mulai dari 01.00 sampai 24.00 tanggal 2 Oktober 2017.

3.1.1 Data Name Plate Transformator Tiga Fasa

Tabel 1. *Main Transformer*

<i>Main Transformer</i>	
Power Transformer The People's Republic China	
TEBA Shengyang Transformator Group Co.,Ltd.	
Manufacture's Type	: SPF9-370000/150 TH
Serial No.	: 04B11086
Year of Manufact	: Dec 2004
No. of Phase	: 3
Rated Power	: 370000 KVA
Rated Frequency	: 50 Hz
Rated Voltage	: $(150 \pm 2 \times 2,5\%) / 20$ kV
Rated Current	: 1424,1 / 10681 A
Connection Symbol	: YNd1
Cooling Method	: OFAF
Short Circuit Impedance	: 13,70%
Weight of Active Part	: 164600 kg
Weight of Oil	: 36200 kg
Weight of Tank	: 14000 kg
Total Weight	: 245800 kg
Weight of Transportation	: 188600 kg

3.1.2 Data Operasi dan Perhitungan

3.1.2.1 Transformator Unit 1

1) Data Operasi

Data operasi transformator unit 1 didapat dari DCS(*Distributed Control System*) dan CCR (*Central Control Room*) PT. Sumber Segara Primadaya.

Tabel 2. Data Operasi Transformator Unit 1

UNIT 1				
JAM	Pgen* (MW)	Pext* (MW)	Puat* (MW)	Pout (MW)
1:00	177.153	0.238	9.711	166
2:00	180.660	0.240	9.922	170
3:00	184.795	0.227	9.815	174
4:00	179.833	0.238	9.572	168
5:00	181.234	0.290	9.598	168
6:00	184.809	0.321	9.589	172
7:00	183.209	0.313	9.612	171
8:00	215.154	0.333	10.119	198
9:00	254.559	0.416	10.703	238
10:00	290.944	0.480	11.305	279
11:00	289.344	0.505	11.515	277
12:00	258.924	0.413	10.747	247
13:00	265.760	0.423	11.216	251
14:00	284.347	0.489	11.637	268
15:00	293.514	0.506	11.675	281
16:00	298.402	0.505	11.672	281
17:00	289.501	0.463	11.760	277
18:00	296.638	0.473	11.642	281
19:00	293.726	0.475	11.302	281
20:00	292.995	0.476	11.205	280
21:00	292.489	0.463	11.342	279
22:00	266.000	0.382	10.890	249
23:00	187.974	0.289	9.748	177
24:00	174.193	0.269	9.780	163

*gen – Generator

*ext – *Generator excitation*

*uat – *Unit Auxilary Transformator*

2) Perhitungan

Perhitungan nilai efisiensi dari transformator unit 1 menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Daya input dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P_{in} = P_{gen} - (P_{gen.ext} + P_{uat}) \dots\dots\dots(2)$$

Contoh data pada pukul 01:00 WIB untuk transformator unit 1

$$\begin{aligned} P_{in} &= P_{gen} - (P_{gen.ext} + P_{uat}) \\ &= 177.153 - (0.238 + 9.711) \\ &= 167.204 \text{ MW} \end{aligned}$$

Efisiensi transformator unit 1 untuk data pada pukul 01:00 WIB.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{166}{167.204} \times 100\% \\ &= 99.28\% \end{aligned}$$

Mengacu rumus diatas diperoleh data hasil perhitungan nilai efisiensi transformator unit 1 selama 24 jam dapat dilihat pada tabel 3 dibawah:

Tabel 3.Data hasil perhitungan Transformator Unit 1

UNIT 1						
JAM	P _{gen} * (MW)	P _{ext} * (MW)	P _{uat} * (MW)	P _{out} (MW)	P _{in} (MW)	η %
01:00	177.153	0.238	9.711	166	167.204	99.28%
02:00	180.660	0.240	9.922	170	180.420	94.22%
03:00	184.795	0.227	9.815	174	174.753	99.57%
04:00	179.833	0.238	9.572	168	170.023	98.81%
05:00	181.234	0.290	9.598	168	171.346	98.05%
06:00	184.809	0.321	9.589	172	174.899	98.34%
07:00	183.209	0.313	9.612	171	173.284	98.68%
08:00	215.154	0.333	10.119	198	214.821	92.17%
09:00	254.559	0.416	10.703	238	243.440	97.77%
10:00	290.944	0.480	11.305	278	279.159	99.58%
11:00	289.344	0.505	11.515	275	277.324	99.16%
12:00	258.924	0.413	10.747	247	247.764	99.69%

13:00`	265.760	0.423	11.216	251	254.121	98.77%
14:00	284.347	0.489	11.637	268	283.858	94.41%
15:00	293.514	0.506	11.675	281	281.333	99.88%
16:00	298.402	0.505	11.672	281	286.225	98.17%
17:00	289.501	0.463	11.760	276	277.278	99.54%
18:00	296.638	0.473	11.642	281	284.523	98.76%
19:00	293.726	0.475	11.302	281	281.949	99.66%
20:00	292.995	0.476	11.205	280	292.519	95.72%
21:00	292.489	0.463	11.342	279	280.684	99.40%
22:00	266.000	0.382	10.890	249	254.728	97.75%
23:00	187.974	0.289	9.748	177	177.937	99.47%
24:00	174.193	0.269	9.780	163	164.144	99.30%

*gen – Generator

ηTerkecil

*ext – Generator excitation

ηTerbesar

*uat – Unit Auxiliary Transformer

Efisiensi rata rata dari transformator unit 1 selama 24 jam adalah sebagai berikut.

$$\eta_{rata-rata} = \frac{P_{out\ total}}{P_{in\ total}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{5942\ MW}{5593.736\ MW} \times 100\%$$

$$= 98.18\%$$

3.1.2.2 Transformator Unit 2

1) Data Operasi

Data operasi transformator unit 2 didapat dari DCS(*Distributed Control System*) dan CCR (*Central Control Room*) PT. Sumber Segara Primadaya.

Tabel 4.Data Operasi Transformator Unit 2

UNIT 2				
JAM	Pgen* (MW)	Pext* (MW)	Puat* (MW)	Pout (MW)
01:00	178.301	0.289	9.293	168
02:00	172.279	0.278	9.375	161
03:00	181.562	0.283	9.376	171

04:00	181.446	0.277	9.349	171
05:00	176.661	0.328	9.267	165
06:00	177.973	0.360	9.198	168
07:00	175.970	0.349	9.162	166
08:00	217.041	0.382	9.664	205
09:00	253.360	0.470	10.125	242
10:00	299.325	0.586	10.944	286
11:00	298.908	0.602	10.994	287
12:00	245.963	0.459	10.438	233
13:00	265.118	0.486	10.500	252
14:00	286.220	0.575	11.227	272
15:00	293.596	0.582	11.375	279
16:00	291.504	0.563	11.153	277
17:00	288.784	0.534	11.373	276
18:00	297.930	0.549	11.490	283
19:00	296.249	0.547	11.323	282
20:00	292.236	0.551	11.174	278
21:00	293.022	0.535	11.387	279
22:00	264.161	0.440	11.244	252
23:00	197.421	0.346	9.764	187
24:00	181.063	0.324	9.568	171

*gen – Generator

*ext – *Generator excitation*

*uat – *Unit Auxilary Transformator*

2) Perhitungan

Perhitungan nilai efisiensi dari transformator unit 2 menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Daya input dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P_{in} = P_{gen} - (P_{gen.ext} + P_{uat}) \dots\dots\dots(5)$$

Contoh data pada pukul 01:00 WIB untuk transformator unit 2

$$\begin{aligned} P_{in} &= P_{gen} - (P_{gen.ext} + P_{uat}) \\ &= 178.301 - (0.289 + 9.293) \\ &= 168.719 \text{ MW} \end{aligned}$$

Efisiensi transformator unit 2 untuk data pada pukul 01:00 WIB.

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{168}{168.719} \times 100\% \\ &= 99.57\%\end{aligned}$$

Mengacu rumus diatas diperoleh data hasil perhitungan nilai efisiensi transformator unit 2 selama 24 jam dapat dilihat pada tabel 5 dibawah:

Tabel 5. Transformator Unit 2

UNIT 2						
JAM	Pgen* (MW)	Pext* (MW)	Puat* (MW)	Pin (MW)	Pout (MW)	η %
01:00	178.301	0.289	9.293	168.719	168	99.57%
02:00	172.279	0.278	9.375	162.626	161	99.00%
03:00	181.562	0.283	9.376	171.903	171	99.47%
04:00	181.446	0.277	9.349	171.820	171	99.52%
05:00	176.661	0.328	9.267	167.066	165	98.76%
06:00	177.973	0.360	9.198	168.415	168	99.75%
07:00	175.970	0.349	9.162	166.459	166	99.72%
08:00	217.041	0.382	9.664	216.659	205	94.62%
09:00	253.360	0.470	10.125	242.765	242	99.68%
10:00	299.325	0.586	10.944	287.795	286	99.38%
11:00	298.908	0.602	10.994	287.312	286	99.54%
12:00	245.963	0.459	10.438	235.066	233	99.12%
13:00	265.118	0.486	10.500	254.132	252	99.16%
14:00	286.220	0.575	11.227	285.645	272	95.22%
15:00	293.596	0.582	11.375	281.639	279	99.06%
16:00	291.504	0.563	11.153	279.788	277	99.00%
17:00	288.784	0.534	11.373	276.877	276	99.68%
18:00	297.930	0.549	11.490	285.891	283	98.99%
19:00	296.249	0.547	11.323	284.379	282	99.16%
20:00	292.236	0.551	11.174	291.685	278	95.31%
21:00	293.022	0.535	11.387	281.100	279	99.25%
22:00	264.161	0.440	11.244	252.477	251	99.41%
23:00	197.421	0.346	9.764	187.311	186	99.30%

24:00	181.063	0.324	9.568	171.171	170	99.32%
-------	---------	-------	-------	---------	-----	--------

*gen – Generator	ηTerkecil
------------------	-----------

*ext – Generator excitation	ηTerbesar
-----------------------------	-----------

*uat – Unit Auxilary Transformator

Efisiensi rata rata dari transformator unit 2 selama 24 jam adalah sebagai berikut.

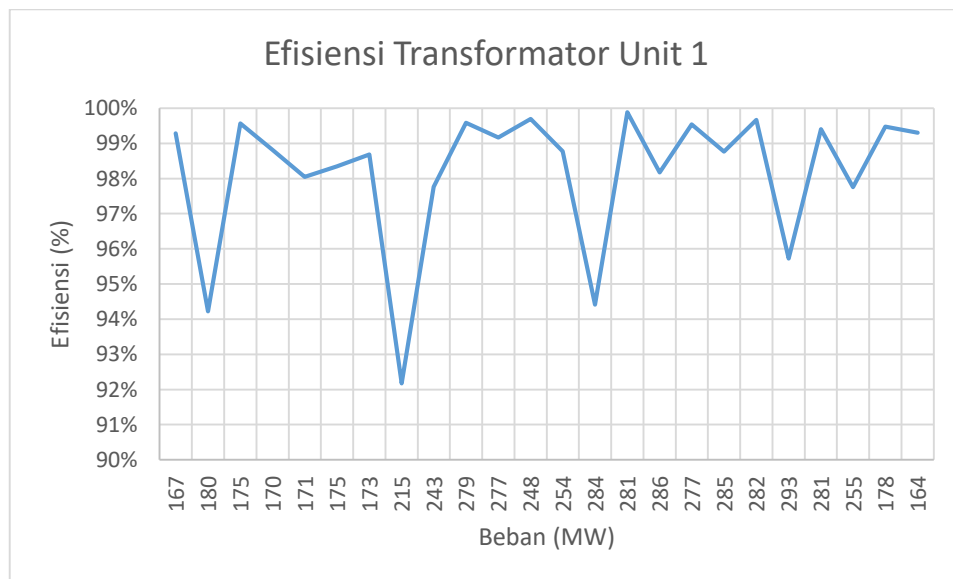
$$\eta_{rata-rata} = \frac{P_{out\ total}}{P_{in\ total}} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{5507\ MW}{5578.7\ MW} \times 100\%$$

$$= 98.71\%$$

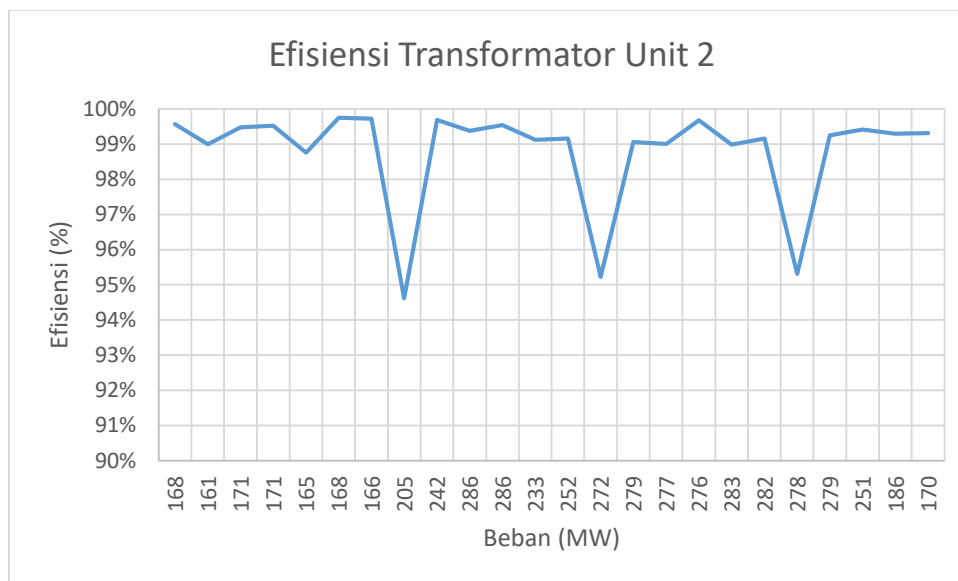
3.2 Analisa dan Pembahasan

Untuk mencari nilai efisiensi dari transformator dapat digunakan persamaan pada sub bab 2) Perhitungandan diagram garis tunggal sambungan listrik utama. Data perhitungan nilai efisiensi dari transformator setiap jamnya selama 24 jam,terhitung mulai dari pukul 01:00 sampai dengan 24:00 tanggal 2 oktober 2017. Nilai efisiensi terkecil ada pada beban 215.154 MW dengan nilai 92.17% untuk unit 1 dan beban 217.041 MW dengan nilai efisiensi 94.62% setelah dilakukan perhitungan sebanyak 24 kali, Nilai efisiensi terbesar ada pada beban 293.514 MW dengan nilai 99.88% untuk efisiensi transformator unit 1 dan pada beban 177.973 MW dengan nilai 99.75% untuk efisiensi transformator unit 2. Nilai efisiensi dari transformator unit 1 terbilang baik terlihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 3. Grafik efisiensi terhadap beban unit 1

Pada transformator unit 2 terbilang lebih baik yaitu rata –rata berada pada 98,71 % yang terlihat oleh gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4. Grafik efisiensi terhadap beban unit 2

Nilai efisiensi yang baik adalah 100% namun karena timbulnya rugi-rugi inti yaitu rugi-rugi histerisis dan rugi-rugi arus eddy membuat nilai efisiensi pada transformator kurang dari 100%, rugi-rugi tersebut mengalami perubahan menjadi panas. Nilai rata-rata efisiensi selama 24 jam pada tanggal 12 Oktober 2017 sebesar 98,18% pada unit 1 dan 98,71% pada unit 2 , nilai ini sangat bagus untuk nilai efisiensi transformator.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisa dari transformator unit 1&2 PT. Sumber Segara Primadaya yang dijadikan sampel dapat diambil kesimpulan :

- 1) Presentase rata – rata efisiensi terhadap pembebanan berkisar diatas 98%.
- 2) Timbulnya rugi rugi pada inti besi sangat mempengaruhi kinerja dari suatu transformator itu sendiri.
- 3) Perawatan Preventif pada sistem pendingin secara berkala juga mempengaruhi kinerja dari suatu transformator.
- 4) Semakin turun nilai efisiensi dari suatu transformator maka daya yang dihasilkan oleh belitan sekunder juga semakin menurun.

PERSANTUNAN

Puji syukur Alhamdulillah penulis utarakan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan kemuliaannya dan juga salawat serta salam kepada junjungan nabi Muhammad SAW yang telah membawa hidayah berupa agama islam ini sampai kepada penulis. Penulis juga

mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak pihak yang telah berjasa untuk membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini sebagai berikut :

- 1) Kepada kedua orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan, do'a, dan nasehatnya agar menjadi pribadi yang baik.
- 2) Kepada keluarga dan saudara-saudaraku yang telah memberikan semangat, motivasi dan bimbingannya.
- 3) Bapak Umar S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Elektro.
- 4) Bapak dan ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 5) Bapak Fathoni, Bapak Meliawan, Bapak Rahan, Bapak Dwi , Bapak Huda, Mas Wildan, Mas Aji, Mba Prita, Mba Nadia serta rekan-rekan di PT.Sumber Segara Primadaya
- 6) Teman- teman kelas C teknik elektro, semua teman Teknik Elektro Angkatan 2014, KMTE ROBOT RESEARCH dan teman teman yang tidak bisa di sebutkan namanya yang sangat sudah membantu.
- 7) Kepada Mas Emir, Riko, Ilham, Bayu dan teman teman MKH production lainnya.
- 8) Kepada teman – teman SD HARJA 5 yang udah support dari jauh.
- 9) Kepada Terserah TEAM yang selalu mendukung penulis.
- 10) Anisa Russitawati Abdilah yang telah membantu penulis dalam mengecek naskah publikasi.
- 11) Arina Luthfia In yang selalu memberikan semangat dan mengingatkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- M Srinivasan, A Krishnan, 2012, "*Prediction of Transformer Insulation Life with an Effect of Environmental Variables*", *International Journal of Computer Applications*(0975-8887) Volume 55 No 5, Oktober 2012.
- Kadir, Abdul, "*Transformer*", Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta, 2010.
- Chapman, Stephen J, "*Electric Machinery Fundamentals*", 5th Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Australia, 2012.
- Rinas, I Wayan, "*Studi Analisis Losses dan Derating Akibat Pengaruh THD pada Gardu Transformator Daya di Fakultas Teknik Universitas Udayana*", *Artikel Publikasi Volume 11 No 1*, Juni 2012.
- Suryana, Alvian J, 2012, "*Analisis Keandalan Transformator Distribusi menggunakan Indikator Tegangan Regulasidan Efisiensi Transformator (Studi Kasus pada PT.PLN APJ Jember)*", Universitas Jember, Mei 2012.
- <http://listrik.org/pln/program-35000-mw/> pada tanggal 31 maret 2017, di akses pada tanggal 18 Desember 2017.